

# Sistem Perlindungan menggunakan *Optical Switching* pada Tegangan Tinggi

Yusuf Nur Wijayanto  
P2 Elektronika dan  
Telekomunikasi – LIPI  
yusuf@ppet.lipi.go.id

Sulistyaningsih  
P2 Elektronika dan  
Telekomunikasi – LIPI  
sulis@ppet.lipi.go.id

Folin Oktafiani  
P2 Elektronika dan  
Telekomunikasi – LIPI  
folin@ppet.lipi.go.id

## Abstrak

*Sistem kontrol arus lemah (DC) dengan sistem logika yang mempunyai level tegangan 0 – 5 V, seperti penggunaan mikrokontroler, interface komputer dan lain-lain. Banyak digunakan dikalangan industri dan perangkat-perangkat rumah tangga. Dalam pengendalian beban dengan sumber tegangan jala-jala listrik seperti 220 Vac, maka diperlukan rangkaian switching sebagai perlindungan sistem kendalinya. Switching dengan teknologi optik menggunakan optoisolator IC MOC3040 lebih menjamin keamanan rangkaian pengendali dari pengaruh jala-jala listrik dan tidak menimbulkan loncatan bunga api saat saklar terhubung/ terputus, disebabkan terpisahnya aliran arus antara beban dengan rangkaian pengendali oleh penggandeng cahaya tersebut. Sehingga dengan menggunakan rangkaian ini mampu memperkecil kerugian dan bahaya yang ditimbulkan oleh switching jala-jala listrik 220Vac.*

*Kata kunci: Protection, Switching, Optoisolator, MOC3040*

## 1. Pendahuluan

Dewasa ini banyak penggunaan alat elektronik pada berbagai bidang terutama dalam perangkat rumah tangga dan industri. Alat-alat ini sebagian besar menggunakan sumber tegangan AC (*Alternating Current*) yang mempunyai polaritas bolak-balik dengan tegangan 220V dan frekuensi 50Hz. Dalam pengoperasiannya menggunakan saklar sebagai pemutus dan penyambung arus.

Penggunaan saklar konvensional dapat menimbulkan loncatan bunga api (*spark*). Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan instrumen lain dan bahaya kebakaran. Sehingga dalam sistem *switching* diperlukan jaminan untuk mengurangi terjadinya bahaya yang ditimbulkannya.

Untuk mengurangi resiko yang terjadi dapat menggunakan teknologi *optic switching*. Dengan sistem saklar optik tidak terjadi locatan bunga api sehingga dapat menghindari bahaya kebakaran. Hal ini karena terpisahnya aliran arus antara beban

dengan rangkaian pengendali dari pengaruh jala-jala listrik

Sehingga tidak terjadi umpan balik tegangan tinggi ke rangkaian kendali dan tidak menimbulkan loncatan bunga api yang bisa menimbulkan kerusakan bagi alat itu sendiri serta bahaya kebakaran.

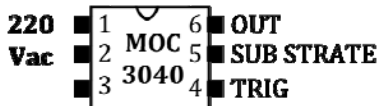
## 2. Teori dasar

Penggunaan rangkaian *switching* berkembang pesat pada perangkat-perangkat industri. Perkembangannya mengarah untuk memperkecil kerusakan dan meningkatkan jaminan keamanan baik pengguna maupun alat/ mesin itu sendiri.

Saklar merupakan sistem yang menghubungkan dan memutus aliran listrik dari sumber tegangan ke beban. Saklar banyak tipe dan modelnya pada pembahasan ini digunakan saklar optik sehingga rangkaian pengendali terlindungi oleh sistem optik dari beban tegangan tinggi (220Vac).

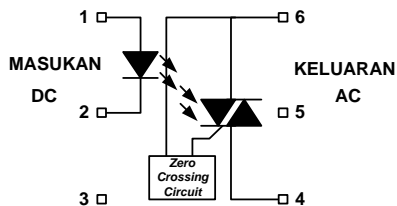
$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

Saklar optik menjamin keamanan karena terpisahnya aliran arus antara beban dengan rangkaian pengendali oleh penggandeng cahaya. MOC 3040 merupakan komponen yang terdiri dari GaAs Infrared pancaran dioda optik berpasangan ke monolitik silikon detektor untuk menunjukkan fungsi dari *Zero Voltage Crossing* sebagai pembangkit komponen triac. Didesain digunakan bersama komponen triac dalam interface sistem logika ke peralatan dengan tegangan 220Vac, seperti relai, kontrol industri, motor, selenoida, dan peralatan konsumen [2].



**Gambar 1 Rangkaian Terpadu MOC 3040**

Fungsi utama dari *Integrated Circuit* (IC) ini adalah sebagai saklar optik yang tidak menimbulkan loncatan listrik/ bunga api seperti pada relai. Susunan rangkaian terpadu MOC 3040 seperti gambar 1 dan persamaan rangkaiannya pada gambar 2 [5].



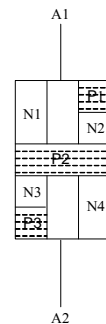
**Gambar 2 Persamaan Rangkaian MOC3040**

Pada rangkaian terpadu dari MOC3040 terdiri optocoupler/ optoisolator dari pasangan *transmitter* dan *receiver* optik. LED sebagai *transmitter* dan *receiver*-nya adalah triac yang memerlukan *Zero Crossing Circuit*. Output dari optoisolator didesain untuk dihubungkan ke rangkaian pemicu triac. Triac berfungsi sebagai saklar AC yang menghubungkan sumber 220 Vac dengan beban.

Triac merupakan komponen semikonduktor yang berperan sebagai penyambung atau penghubung daya yang

berkecepatan tinggi. Pada umumnya triac dapat dioperasikan pada tegangan lebih dari 100V dan dapat membawa arus lebih dari 100A. Prinsip kerja triac dapat diketahui dari struktur semikonduktor (gambar 3) dan rangkaian ekivalennya (gambar 4) [4].

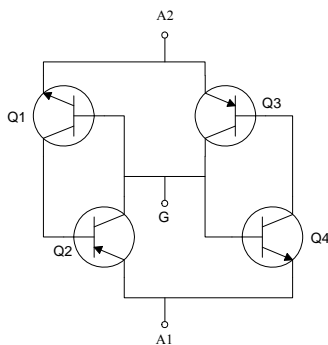
Dari rangkaian ekivalen triac maka terlihat bahwa triac merupakan gabungan dari dua buah SCR yang dihubungkan paralel terbalik dengan terminal gerbang sekutu (digabung menjadi satu). Triac dan SCR merupakan keluarga dari thyristor yang memiliki prinsip kerja yang hampir sama. Yang membedakan keduanya adalah dalam efisiensinya pemakaian. SCR merupakan pengontrol setengah gelombang atau control satu arah. Hal ini dapat diartikan bahwa SCR hanya mampu mengontrol tegangan AC pada periode positif saja sedangkan pada periode negatif tidak dikontrol. Bahkan pada beberapa pemakaian, SCR digunakan sebagai pengendali pulsa, baik pengendali phase 90° maupun phase 180°. Triac merupakan control dua arah atau gelombang penuh. ini sangat efektif dalam pemakaian-pemakaian untuk keperluan control beban AC. Jadi, triac mampu melakukan control secara penuh untuk tegangan AC baik pada periode positif maupun periode negative.



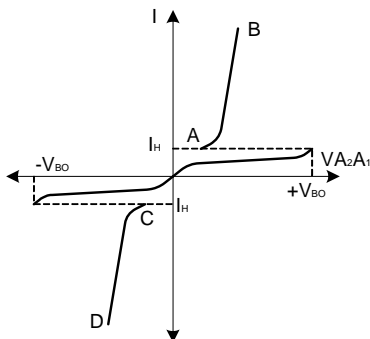
**Gambar 3 Struktur semikonduktor Triac**

Prinsip kerja triac, triac dilihat dari simbol dan strukturnya selain mempunyai terminal satu ( $T_1$ ) dan terminal dua ( $T_2$ ), juga mempunyai satu teminal gerbang atau gate. Gerbang inilah yang mengijinkan pengendalian atas aksi penyearah dua arah ( $T_1$  dan  $T_2$ ). Piranti ini dapat dipicu agar memiliki kondisi hantaran maju dan resistansi rendah dengan memberikan pulsa singkat yang memiliki daya relatif kecil pada

teminal gerbang. Secara umum prinsip kerja triac sebagai berikut. Pada periode positif dan terminal dua ( $T_2$ ) lebih positif dari terminal satu ( $T_1$ ), maka transistor  $Q_3$  dan  $Q_4$  akan konduksi. Pada keadaan ini  $T_2$  sebagai anoda dan  $T_1$  sebagai katoda. Pada kondisi terminal gerbang  $G$  juga lebih positif dari  $T_1$ . Dan transistor  $Q_3$  dan  $Q_4$  tidak konduksi, dengan pengertian bahwa kedua transistor  $Q_3$  dan  $Q_4$  mendapat bias mundur, sehingga hanya arus bocor kecil yang mengalir. Pada periode negative dan terminal satu ( $T_1$ ) lebih positif dari terminal dua ( $T_2$ ), maka transistor  $Q_3$  dan  $Q_4$  akan konduksi, sedangkan terminal gerbang  $G$  lebih positif dari  $T_2$ . Triac akan tetap menghantarkan arus dan tegangan jika pada gerbang dipicu dengan tegangan bias maju DC [1;4].



**Gambar 4 Rangkaian ekivalen Triac**

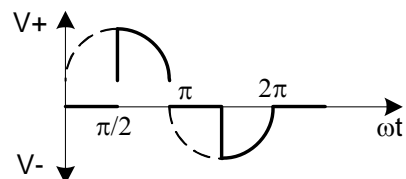


**Gambar 5 Karakteristik Triac**

Prinsip kerja triac, triac dilihat dari simbol dan strukturnya selain mempunyai terminal satu ( $T_1$ ) dan terminal dua ( $T_2$ ), juga mempunyai satu terminal gerbang atau gate. Gerbang inilah yang memungkinkan pengendalian atas aksi penyearah dua arah ( $T_1$  dan  $T_2$ ). Piranti ini dapat dipicu agar

memiliki kondisi hantaran maju dan resistansi rendah dengan memberikan pulsa singkat yang memiliki daya relatif kecil pada terminal gerbang. Secara umum prinsip kerja triac sebagai berikut. Pada periode positif dan terminal dua ( $T_2$ ) lebih positif dari terminal satu ( $T_1$ ), maka transistor  $Q_3$  dan  $Q_4$  akan konduksi. Pada keadaan ini  $T_2$  sebagai anoda dan  $T_1$  sebagai katoda. Pada kondisi terminal gerbang  $G$  juga lebih positif dari  $T_1$ . Dan transistor  $Q_3$  dan  $Q_4$  tidak konduksi, dengan pengertian bahwa kedua transistor  $Q_3$  dan  $Q_4$  mendapat bias mundur, sehingga hanya arus bocor kecil yang mengalir. Pada periode negative dan terminal satu ( $T_1$ ) lebih positif dari terminal dua ( $T_2$ ), maka transistor  $Q_3$  dan  $Q_4$  akan konduksi, sedangkan terminal gerbang  $G$  lebih positif dari  $T_2$ . Triac akan tetap menghantarkan arus dan tegangan jika pada gerbang dipicu dengan tegangan bias maju DC [1;4].

Dengan prinsip kerja yang demikian, triac akan dapat mengontrol sumber tegangan AC yang diberikan ke terminal satu ( $T_1$ ) dan terminal dua ( $T_2$ ). Sehingga pada masing-masing periode positif dan negative akan dikontrol oleh masing-masing transistor pasangan (periode positif  $\rightarrow Q_3$  dan  $Q_4$ , periode negatif  $\rightarrow Q_1$  dan  $Q_2$ ).



**Gambar 6 Gelombang keluaran Triac**

Bila dilihat dari konstruksi kedua pasangan transistor itu, masing-masing pasangan terhubung sebagai pasangan umpan balik positif maka diantara gerbang  $Q_1$  dan  $Q_2$  atau  $Q_3$  dan  $Q_4$  terdapat penguatan arus yang besar. Penguatan tegangannya juga besar karena hanya sekitar 1V yang diperlukan untuk memicu gerbang  $G$  agar triac on. Dengan demikian dapat diketahui bahwa besarnya daya yang dibutuhkan gerbang untuk mengaktifkan triac relative kecil (dalam orde mW). Bahkan dengan daya gerbang pemacu yang sedemikian kecil

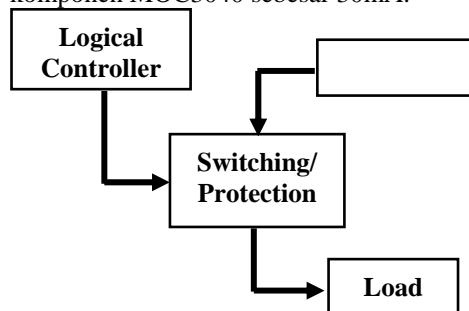
ini dapat digunakan untuk mengendalikan daya beban lebih dari 100 W.

Pada karakteristik triac (gambar 5) bahwa pada saat tegangan AC diberikan ke komponen ini (misalnya 220V<sub>AC</sub>), arus bocor yang mengalir sangat kecil. Kondisi seperti ini adalah kondisi saat triac off. Apabila amplitudo arus DC yang diberikan ke terminal gerbang terus dinaikkan maka akan dicapai nilai kritis (+V<sub>BO</sub> jika arahnya ke positif atau -V<sub>BO</sub> jika arahnya ke negatif). Jika amplitudo arus gerbang sedikit dinaikkan lagi maka akan dicapai kondisi saat triac mampu mengalirkan arus yang besar (dalam orde Ampere). Hal ini tampak dari penggambaran arus yang mengalir dari titik A-B keatas atau titik C-D ke bawah inilah yang disebut sebagai keadaan triac on. Dengan pencatutan tegangan dan pembebanan maka akan terlihat suatu gelombang keluaran dari triac, yaitu dengan menghubungkan A<sub>1</sub> dan A<sub>2</sub> ke osiloskop, maka akan didapat gelombang keluaran dari triac m(gambar 6) [3].

### 3. Perancangan sistem

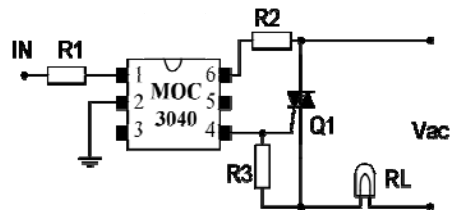
Diagram blok penggunaan dari rangkaian switching ini dapat dilihat pada gambar 9. Dimana rangkaian ini menghubungkan sumber tegangan tinggi (220Vac) dengan beban yang dikendalikan oleh level logika.

Rangkaian perlidungan/ switching optik menggunakan optoisolator MOC3040 serta didukung dengan komponen Resistor dan Triac. Nilai R1 diperoleh dengan perhitungan (dapat dilihat pada pers. 1) sehingga diharapkan I<sub>f</sub> sama dengan I<sub>FT</sub> komponen MOC3040 sebesar 30mA.



Gambar 7 Diagram blok rangkaian perlidungan

Jadi untuk memperoleh I<sub>f</sub> sama dengan I<sub>FT</sub> pada level logika diperlukan resistor input (R1) sebesar ± 180Ω, hal ini dapat ditentukan dengan persamaan 1 dimana tegangan masukan (V<sub>i</sub>) sebesar 5V dan arus masukan yang diharapkan (I<sub>f</sub>, I<sub>FT</sub>) sebesar 30mA.



Gambar 8 MOC 3040 sebagai Penggerak Beban AC

Output dari optoisolator dihubungkan dengan langsung ke rangkaian pemacu triac tipe Q4006, yang berfungsi sebagai saklar elektronik penghubung tegangan 220Vac dengan beban.

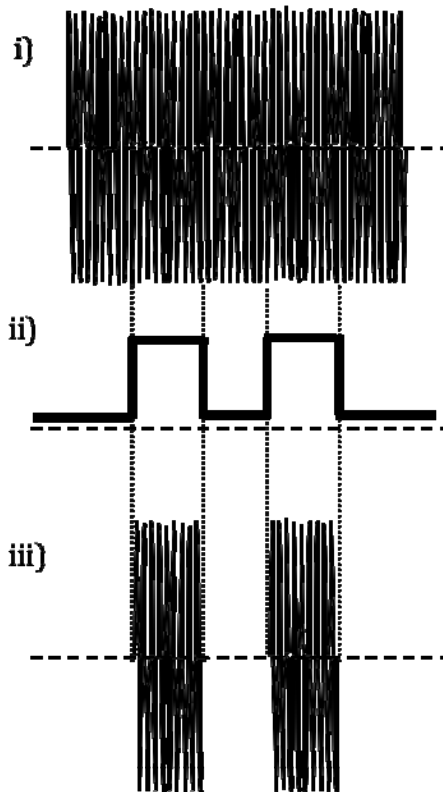
Penggandeng cahaya MOC 3040 ini dilengkapi dengan rangkaian detektor pelintas nol (*zero crossing detector*) yaitu kemampuan untuk membuat penggandeng cahaya ini mulai menghantar pada sesaat setelah tegangan masukannya berada pada nol volt. Hal ini akan mencegah terjadinya lonjakan arus yang besar secara tiba-tiba pada beban yang dikendalikannya.

### 4. Hasil dan pembahasan

Rangkaian penggerak bolak-balik akan aktif jika menerima masukan berupa tegangan dengan logika tinggi (+5V) dengan arus 30mA maka nilai R1≅180Ω. Sinyal logika yang berlogika tinggi sebagai masukan dari rangkaian penggerak bolak-balik akan melalui R1, mengakibatkan arus mengalir pada LED dalam kemasan penggandeng cahaya. Menyala LED didalam penggandeng cahaya ini menyebabkan triac dalam penggandeng cahaya aktif (sebagai saklar) sehingga mampu melewati arus dalam dua arah. Arus keluaran ini digunakan untuk memicu Triac tambahan, arus keluaran ini sebesar 10mA. Triac tambahan tipe Q4006 dipasang agar penggerak mampu mengalirkan arus lebih besar. Sehingga sumber tegangan

220Vac terhubung dengan beban. R2 sebagai pembatas arus MOC 3040 dan R3 berfungsi untuk membatasi arus gate pada triac.

Rangkaian perlidungan ini memisahkan secara optis antar pengendali berupa rangkaian logika level 0–5V dan beban 220Vac. Hal ini disebabkan terpisahnya aliran arus antara beban dengan rangkaian pengendali oleh penggandeng cahaya tersebut.



**Gambar 9 Bentuk gelombang Sumber tegangan 220Vac, sinyal pemicu level logika 0 – 5V, Tegangan beban (RL)**

Bentuk gelombang AC (220Vac, 60Hz), dapat dilihat pada gambar 9(i). Yang merupakan sumber tegangan/ power. Gambar 9(ii) merupakan gelombang dengan level logika dari pengendali untuk masukan ke optoisolator yang berfungsi sebagai

switching elektronik sehingga akan menyambung dan memutus hubungan sumber tegangan dan beban. Tegangan pada beban dapat dilihat bentuk gelombangnya seperti pada gambar 9(iii) yang akan aktif saat level logika 1 atau tegangan DC sebesar 5V.

## 5. Kesimpulan

Keamanan merupakan faktor utama yang harus diperhatikan, seperti keamanan pengguna, alat dan lingkungan. Dari hasil perancangan dan pembahasan diperoleh rangkaian dapat berfungsi sebagai saklar untuk tegangan tinggi 220 Vac. Saklar elektronik menggunakan teknologi optik ini mempunyai nilai impuls yang kecil dan juga terpisahnya aliran arus antara beban dengan rangkaian pengendali maka pada saat terjadi transient pensaklaran tidak menimbulkan *spark* (loncatan bunga api) yang dapat menimbulkan kebakaran. Sehingga dapat memperkecil terjadinya bahaya kebakaran yang terjadi terutama pada industri dan rumah tangga.

## 6. Daftar pustaka

- [1] R.L. Loveday, George. *"Intisari Elektronika"*. PT. Elex Media Komputindo, Jakarta. 1988.
- [2] R.E.Wasito S. *"Data Sheet Book 1"*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo, Jakarta. 1997.
- [3] R.E.Wasito. *"Vademekum Elektronika"*. PT Gramedia, Jakarta. 1992.
- [4] A.P. Malvino. *"Prinsip-prinsip Elektronika"*. Penerbit Airlangga, Jakarta. 1985.
- [5] Datasheet : MOC3040, Triac Q4006.